

EUV 光源用レーザー生成 Sn プラズマのトムソン散乱計測システム開発 Development of a Thomson scattering system for laser-produced Sn plasmas produced for EUV light sources

九大総理工, °富田 健太郎, 佐藤祐太, 西川和孝, 内野 喜一郎

Kyushu Univ., °Kentaro Tomita, Yuta Sato, Kazutaka Nishikawa, Kiichiro Uchino

E-mail: tomita@ence.kyushu-u.ac.jp

半導体集積回路の更なる低コスト化・高性能化の実現に向けて、極端紫外線(EUV)波長域における半導体リソグラフィ装置の実用化が急がれており、EUV 光源として使用される波長 13.5 nm の出力向上が要求されている。しかし、現状は量産機に必要な出力(250 W)を達成できていない。出力を向上させるためには、EUV 光の生成に用いられるスズプラズマの電子密度(n_e), 電子温度 (T_e), 平均イオン価数 (Z) を制御($n_e = 10^{24} \sim 10^{26} \text{ m}^{-3}$, $T_e = 30 \sim 60 \text{ eV}$, $Z \sim 10$)する必要がある。しかし、EUV 光源プラズマのパラメータを計測する手法は確立されていない。そこで本研究では、EUV 光源用レーザー生成スズプラズマにレーザートムソン散乱法(LTS法)を適用し、プラズマの $n_e \cdot T_e \cdot Z$ の計測システムの開発を目指している。トムソン散乱計測用レーザーにNd:YAGレーザーの第2高調波($\lambda=532 \text{ nm}$)を用いた場合、EUV 光源用プラズマから得られるトムソン散乱スペクトルは協同的散乱領域に入る。このうち電子項はプラズマの自発光よりはるかに小さいので、イオン項の計測のみを行っている。波長幅の狭い($\sim 200 \text{ pm}$)イオン項スペクトル測定のために、波長分解能が 35 pm 程度で、迷光除去性能に優れた分光器を新たに作製した。この分光器を用いて、まずはプラズマ生成用レーザーにNd:YAGレーザー基本波($\lambda=1064 \text{ nm}$)、ターゲットに炭素を用いて、トムソン散乱システムの性能評価を行い、これまでに、電子密度が 10^{24} - 10^{25} m^{-3} , 電子温度が 10-50 eV 程度の範囲のレーザー生成炭素プラズマに対し、明確なトムソン散乱イオン項スペクトルの観測を可能としてきた。

実際に EUV 光源用プラズマで用いられるスズプラズマからのトムソン散乱スペクトルは、電子密度・電子温度が同範囲にある炭素プラズマからのスペクトルの比べ、半分以下である。スズプラズマからのトムソン散乱計測のためには、迷光除去のために遮断される計測レーザー周辺の波長幅の減少や、波長分解能を 2 倍程度改善させる必要があると考え、そのような分光器の設計を行った。これにより、遮断波長幅の減少や、波長分解能の向上を達成した。

現在、この新たな分光器を使用して、液滴スズターゲットに炭酸ガスレーザーを照射して生成したスズプラズマに対して、トムソン散乱計測を行っている。プラズマ生成条件によっては、現在の空間分解能(50 μm)・時間分解能(5 ns)では不十分であった。さらなる時間分解能の向上を図るためには、ピコ秒パルスレーザーの使用が考えられる。発表では、これまでのスズプラズマ計測結果とともに、時間分解能向上の検討結果を示す。

[1] K. Tomita, K. Nakayama, K. Inoue, A. Sunahara, K. Uchino: Appl. Phys. Express (APEX), **6**, 076101 (2013)